



(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **92400582.0**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **C02F 3/30, C02F 3/06**

(22) Date de dépôt : **06.03.92**

(30) Priorité : **08.03.91 FR 9102842**

(43) Date de publication de la demande :  
**16.09.92 Bulletin 92/38**

(84) Etats contractants désignés :  
**AT BE CH DE DK ES GB IT LI NL SE**

(71) Demandeur : **OTV (OMNIUM de TRAITEMENTS  
et de VALORISATION)**  
**Le Doublon 11 avenue Dubonnet**  
**F-92407 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeur : **Payraudeau, Michèle, Cabinet**  
**Ballot-Schmit**  
**7 Rue Le Sueur**  
**F -75116 Paris (FR)**  
Inventeur : **Rogalla, Franck, Cabinet**  
**Ballot-Schmit**  
**7 Rue Le Sueur**  
**F -75116 Paris (FR)**

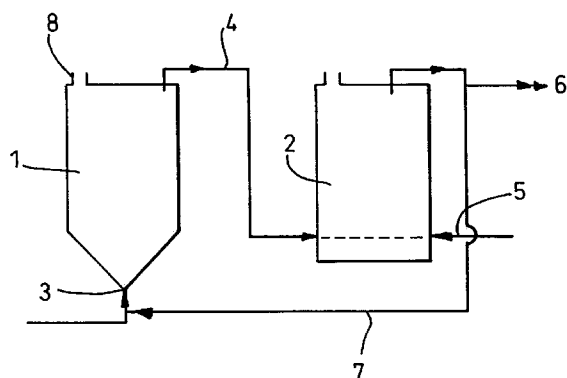
(74) Mandataire : **Schmit, Christian Norbert Marie**  
**et al**  
**Cabinet Ballot-Schmit 7, rue Le Sueur**  
**F-75116 Paris (FR)**

(54) **Procédé d'épuration biologique des eaux par nitrification et dénitrification.**

(57) L'invention a trait au domaine de la purification des eaux par traitement biologique.

Selon le procédé, l'eau brute à traiter sans décantation préliminaire, est introduite de façon ascendante dans un premier réacteur (1) fonctionnant en anoxie, à biomasse libre sous forme de lit de boues à forte concentration et alimenté avec un grand débit ascensionnel et en ce que l'effluent (4) est envoyé dans un deuxième réacteur (2) fonctionnant en aérobie, une partie de l'eau traitée (7), en surverse de ce deuxième réacteur, étant recyclée à la base du premier réacteur (1).

Application au traitement des eaux contenant de l'azote ammoniacal.



La présente invention a trait au domaine du traitement des eaux usées et résiduaires ou encore toutes eaux contenant de l'azote ammoniacal. Elle concerne plus spécialement un procédé d'épuration des eaux permettant d'éliminer ou de réduire considérablement l'azote total de l'eau par transformation de l'azote ammoniacal en ions nitrates puis élimination de ces derniers, autrement dit selon un processus de nitrification et dénitrification.

Dans les installations conventionnelles, destinées à éliminer l'azote des eaux usées par le procédé à boues activées, l'eau résiduaire à traiter est acheminée, après décantation primaire, dans des bassins ou cuves fonctionnant en aérobie (formation des nitrates à partir de l'azote ammoniacal) puis en anaérobie ou anoxie (dénitrification en présence de source carbonée, avec formation d'azote), les nitrates formés dans la cuve en aérobie étant renvoyés en tête dans la cuve ou récepteur en anoxie. Les cuves sont suivies d'au moins un clarificateur dont les boues recueillies sont envoyées en zone anoxie. On peut aussi opérer dans un bassin unique muni de zones ou sections alternativement aérées et non aérées (brevet français publié n° 2 372 121) en utilisant un grand volume de biomasse. Dans tous les cas, la biomasse est peu concentrée (en général moins de 5 g/l) et les deux zones opérationnelles sont traversées par un mélange de deux espèces de bactéries dénitrifiantes et nitrifiantes. De ce fait, les bactéries se trouvent souvent dans des conditions défavorables du fait qu'elles circulent dans des zones où elles ne peuvent remplir leur fonction de bactéries hétérotrophes ou autotrophes selon les zones de traitement.

Pour tenter de remédier au faible taux de croissance des bactéries nitrifiantes (autotrophes) et s'affranchir d'un clarificateur, on peut fixer ces bactéries sur un support, par exemple selon une épuration en deux zones (brevet français publié n° 2 604 990) ou encore par utilisation de lits allégés avec un matériau moins dense que l'eau (brevet français publié n° 2 632 947). Afin d'éliminer l'azote, une partie du lit fixe peut être non aérée. Ces techniques présentent un intérêt certain mais, lors de leur mise en oeuvre, les grains servant de support aux bactéries peuvent se mélanger régulièrement par des lavages et se coloniser de façon mixte en nitrification et dénitrification. Les bactéries spécialisées se trouvent donc ainsi de temps en temps, dans des conditions non favorables à leur développement, comme dans le procédé dit à boues activées. Par ailleurs, les lits granulaires sont sensibles au colmatage lors de fortes concentrations en matières particulaires de l'influent à traiter et il est donc souvent nécessaire d'ajouter au processus une décantation primaire.

Un des principaux buts de l'invention est de chercher à s'affranchir de la nécessité d'une décantation primaire. Un autre but, essentiel, est de maintenir les bactéries spécialisées dans les conditions optimales

où elles peuvent remplir leurs fonctions respectives. Un autre but encore est de réduire le colmatage du réacteur aérobie par les matières particulaires de l'eau à traiter.

Pour atteindre ces buts, l'idée-mère ayant servi de base à la conception de l'invention a été de chercher à coupler un lit de boue ascendant, maintenant une colonie de bactéries en anoxie et donc alimenté par une eau usée brute riche en carbone, avec un réacteur fonctionnant en aérobie, donc à charge organique faible et forte aération, spécialisé en nitrification.

On a déjà cherché selon l'art antérieur à traiter des eaux dans des réacteurs à biomasse constituée par des lits de boues, notamment selon deux configurations : en traitement anaérobique pour des effluents concentrés en carbone (Lettinga & al, *Biotechnology and Bioengineering* vol XXII, P. 699-734, 1980); en traitement anoxie pour des éluats d'échangeurs d'ions riches en nitrates (Van der Hoek & al, *Appl Microbiol. Biotechnol.* 27, p. 199-205, 1987). Dans ces processus, les fortes concentrations en substrat donnent lieu à des vitesses ascensionnelles faibles, de l'ordre de 0,5 m/h pour l'ensemble des débits d'alimentation et de recyclage. En outre, ces concentrations provoquent une importante formation de gaz (méthane et oxyde carbonique en anaérobie, azote en anoxie), ce qui nécessite un séparateur de gaz en partie supérieure des réacteurs, comme par exemple les dispositifs connus à lamelles inclinées.

On a également proposé plus récemment des réacteurs en aérobie à boues granuleuses et qui sont alimentés par de l'eau décantée. Toutefois, ces techniques nécessitent soit une prédissolution de l'oxygène (Mishana & al; *Water Science Techn.* 23, p. 981-990, 1991) soit des cuves d'aération intermédiaires (Takahashi & al, *Water Science Tech.* 23, p. 973-980, 1991). Les concentrations des boues obtenues sont toutefois limitées à 10 g/l. Conformément à l'invention, on a visé le traitement d'eaux résiduaires, notamment d'effluents urbains en ramenant depuis un réacteur aérobie une partie du flux de nitrates et en opérant à des vitesses ascensionnelles de flux à traiter considérablement plus élevées que dans l'art antérieur.

Selon le procédé de l'invention, l'eau brute à traiter, qui n'a pas besoin de subir de décantation préliminaire, est introduite en ascendant dans un premier réacteur à lit de boues fonctionnant en anoxie, l'effluent étant envoyé en tête d'un second réacteur fonctionnant en aérobie, une partie de l'eau traitée, en surverse de ce second réacteur, étant recyclée à la base du premier réacteur.

Du fait que l'on s'affranchit d'une décantation préliminaire, le flux qui pénètre en ascendant dans le réacteur anoxie donne lieu à une boue granuleuse alourdie par les matières en suspension dans l'influent brut, et de forte concentration généralement

comprise entre 30 et 100 g/l. Les vitesses de l'influent sont très élevées, au moins égales à 3 m/h et peuvent être généralement comprises entre 5 et 10 m/h. Par ailleurs, du fait que l'influent est dilué par le recyclage précité d'eau en surverse du réacteur en aérobie, la production de gaz est réduite et l'installation de traitement selon l'invention ne nécessite pas de dispositif de séparateur de phases. Enfin, grâce à l'oxygène dissous et aux nitrates contenus dans le flux de recyclage du second réacteur aérobie, on peut s'affranchir des phases de prédissolution d'oxygène et de cuves d'aération intermédiaire préconisées dans l'art antérieur précité. En résumé, grâce à la spécification des biomasses qui remplissent chacune leur fonction propre, sans être mélangées comme bien souvent dans l'art antérieur, on intensifie les réactions dans chacune des phases de nitrification et dénitrification. Le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre dans une installation de traitement schématisée sur la figure unique annexée de dessins où 1 représente le réacteur fonctionnant en anoxie et 2 le réacteur travaillant en aérobie. L'eau brute à traiter, chargée en pollution carbonée et azotée, est envoyée par le bas, en 3, du réacteur 1. L'effluent 4 issu du réacteur 1 est acheminé dans le réacteur aérobie 2 alimenté en air ou source d'oxygène en 5. L'eau traitée, issue du réacteur 2, est en partie évacuée 6 et en partie recyclée, selon 7, dans l'influent 3.

Dans le réacteur 1, à biomasse libre sous forme de lit de boues et où l'alimentation peut être faite en continu ou par pulsations, il est nécessaire de répartir l'influent sur une grande surface et il est donc conseillé d'utiliser des grilles et/ou séries de buses de répartition de flux. De préférence, on soumet la masse à une agitation et/ou à un raclage des boues de façon à permettre aux bulles d'azote de s'échapper par l'évent 8. On peut aussi installer, en haut de ce réacteur 1, un décanteur lamellaire incliné, selon la technique déjà connue.

Le réacteur en aérobie 2 peut fonctionner de diverses façons et selon des variantes déjà connues en soi comme par exemple : en biomasse, fixée selon le procédé dit "Biocarbone" (marque déposée) (brevets français publiés n° 2 358 362, 2 439 749, 2 604 990); en combinaison, lit fluidisé et lit fixe avec des particules de lit de densité inférieure à l'eau (brevet français publié n° 2 632 947); avec des lits bactériens fixes non immergés ou encore des disques biologiques...

L'eau brute à traiter, généralement soumise au préalable à un dessablage, un dégrillage et un déshuilage, peut être additionnée de réactifs destinés à augmenter la vitesse de chute des boues, comme par exemple des flocculants tels que alun, chlorure ferrique ou polymères. On peut également ajouter de la chaux pour former des carbonates et précipiter le phosphore. L'addition de nitrates minéraux ainsi que de sources de carbone (éthanol ou autre) s'avère

également avantageuse dans de nombreux cas.

## Exemples de réalisation

### 1. Traitement d'une eau usée urbaine

On a opéré dans une installation telle que schématisée sur la figure annexée où le réacteur 1 avait une hauteur de 3 mètres et un diamètre de 50 cm, le second réacteur 2 en aérobie étant de type "Biocarbone" à lit fixe, avec injection d'air oxygéné.

L'eau brute (influent) introduite en 3 contenait environ 50 mg d'azote (de  $\text{NH}_4$ ) par litre d'eau; elle avait une DCO de 500 mg/l et un taux de M.E.S (matières en suspension) de 250 mg/l.

La vitesse ascensionnelle de l'influent 3 était de 5 m/h dont 1,5 m/h à attribuer à l'eau brute d'entrée et 3,5 m/h pour la recirculation, selon 7, de l'eau issue du réacteur aérobie 2. La concentration en azote dans ce réacteur était de 10mg/l environ et le temps de séjour apparent compris entre 1 et 2 heures dans le réacteur 1 en anoxique. La concentration des boues était maintenue à 50 g/l en moyenne; les charges appliquées sur le lit de boues pouvaient atteindre 10 kg de DCO par  $\text{m}^3$  et par jour et 1 kg de N (de  $\text{NO}_3$ ) par  $\text{m}^3$  et par jour.

L'eau en sortie 4 du réacteur 1, contenait encore du  $\text{NH}_4$  (environ 15 mg/l en N), 100 mg de DCO, 50 à 100 mg de M.E.S et pratiquement plus de nitrates.

Après traitement, l'eau purifiée en 6 contenait environ 10 mg/l de nitrates (en N de  $\text{NO}_3$ ), moins de 1 mg/l environ.

### 2. Traitement d'une eau à potabiliser

L'eau à traiter, enrichie en éthanol, avait une teneur en N (N de  $\text{NH}_4$ ) de 4 mg/l, un taux M.E.S inférieur à 10 mg/l, une DCO inférieure ou égale à 10 mg/l et un taux d'azote (N et  $\text{NO}_3$ ) de 20 mg/l. A la sortie 6 du second réacteur 2 (dans ce cas fonctionnant en filtre aéré) la DCO et le taux de M.E.S étaient pratiquement nuls et le taux d'azote (N de  $\text{NO}_3$ ) avait chuté à 5 mg/l maximum.

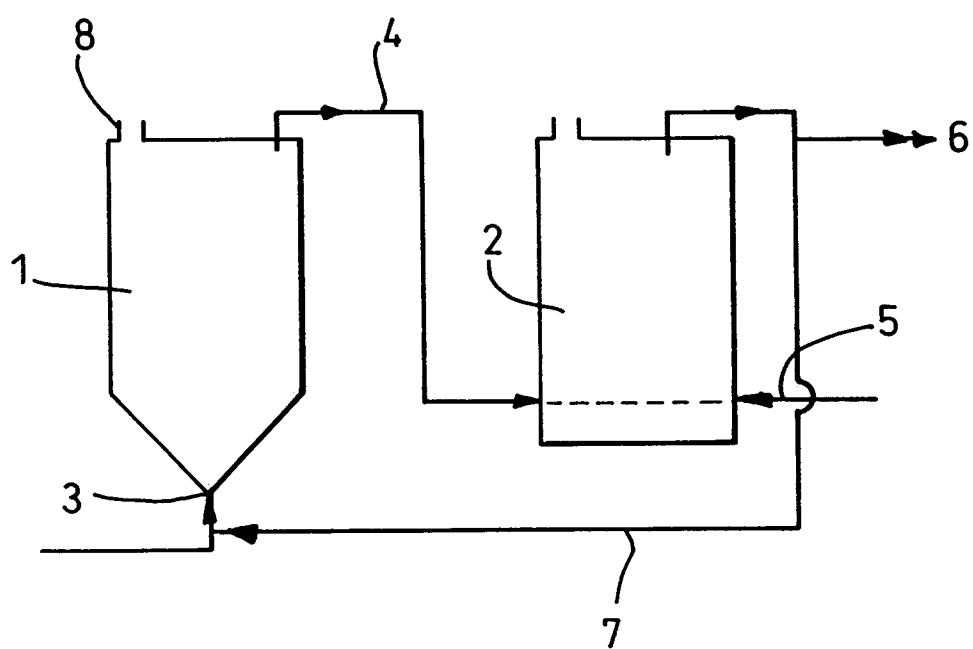
Bien que la description qui précède et le dessin annexé se réfèrent aux cas de deux réacteurs indépendants, l'un à côté de l'autre, l'invention s'applique également, à titre de variante aux cas où d'une part le réacteur aérobie est superposé au récepteur anoxie et où, d'autre part, les phases anoxie et aérobie sont réalisées en deux zones distinctes dans le même réacteur alimenté en courant ascendant.

## Revendications

1. Procédé pour la nitrification et dénitrification d'une eau polluée, par traitement biologique en milieu aérobie puis anaérobie (ou anoxie), carac-

- térisé en ce que l'eau brute à traiter, sans décantation préliminaire, est introduite de façon ascendante dans un premier réacteur (1) fonctionnant en anoxie, à biomasse libre sous forme de lit de boues de concentration comprise entre 30 et 100 g/l, et alimenté avec un grand débit ascensionnel et en ce que l'effluent (4) est envoyé dans un deuxième réacteur (2) fonctionnant en aérobie, une partie de l'eau traitée (7), en surverse de ce deuxième réacteur, étant recyclée à la base du premier réacteur (1), et en ce que le débit total d'introduction d'eau (3) à la base du réacteur en anoxie (1) et comprenant l'influent et l'eau recyclée (7) correspond à des vitesses ascensionnelles d'au moins 3 m/H.
- 5
- 10
- 15
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le deuxième réacteur (2) fonctionne comme un biofiltre aéré.
- 20
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 caractérisé en ce que le lit de boues dans le réacteur en anoxie (1) est agité au fond pour améliorer l'équirépartition.
- 25
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le réacteur (1) est équipé dans sa partie supérieure, de lamelles inclinées pour augmenter les vitesses de séparation eau/boue.
- 30
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'alimentation de l'influent (eau brute) est faite en continu ou par pulsations, de façon séquencée.
- 35
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'eau brute à traiter est additionnée au préalable de réactifs choisis dans le groupe: floculants, source de chaux et de nitrates minéraux, source de carbone.
- 40
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les réacteurs (1) et (2) sont indépendants et côte à côte.
- 45
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le réacteur en aérobie (2) est superposé au réacteur en anoxie (1), les deux phases anoxie et aérobie pouvant être réalisées en deux zones distinctes au sein du même réacteur alimenté en courant ascendant.
- 50

55





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 0582

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	WATER RESEARCH, vol. 13, Septembre 1979, OXFORD GB pages 1009 - 1015; KLAPWIJK A. ET AL.: 'THE APPLICATION OF AN UPFLOW REACTOR IN THE DENITRIFICATION STEP OF BIOLOG' * page 1014, colonne de droite * 7. CONCLUSIONS * page 1015, colonne de droite * ---	1,3,5,7	C02F3/30 C02F3/06
X	WATER RESEARCH, vol. 15, no. 1, Janvier 1981, OXFORD GB pages 1 - 6; KLAPWIJK A. ET AL.: 'BIOLOGICAL DENITRIFICATION IN AN UPFLOW SLUDGE BLANKET REACTOR' * page 2, alinéa 2 - page 4, alinéa 1 * ---	1,3,5,6	
A	DE-A-3 716 598 (HOCHHUTH, J.) * colonne 2, ligne 21 - ligne 39; figure * ---	1,2,7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 69 (C-569)(3417) 16 Février 1989 & JP-A-63 258 695 ( JAPAN ORGANO CO LTD ) 26 Octobre 1988 * le document en entier * ---	1,2,5,6,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
D,A	FR-A-2 604 990 (OTV) * page 9; revendication 1 * -----	1,2	C02F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13 MAI 1992	Examineur TEPLY J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 (3.12) (P0402)